

COMITÉ NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CONSEIL SCIENTIFIQUE D'INSTITUTC

Compte rendu

Conseil scientifique de l'IN2P3
8-9 février 2018

(approuvé avec 18 voix exprimées : 16 pour, 2 abstentions, 0 contre)

Sommaire

Sommaire	2
Membres du Conseil scientifique.....	3
Personnes présentes à la session fermée.....	3
Ordre du jour de la séance ouverte (jeudi 8 février)	3
Remerciements aux orateurs et rapporteurs externes.....	3
Questions posées par l'IN2P3.....	3
1. Examen de projets sur le thème Physique hadronique.....	4
1.1. Introduction	4
1.2. Avis général	13
1.3. Collisions d'ions lourds dans l'expérience ALICE au LHC	15
Avis et recommandations	15
1.4. Collisions d'ions lourds dans l'expérience CMS au LHC	16
Avis et recommandations	16
1.5. Collisions d'ions lourds dans l'expérience LHCb au LHC.....	16
Avis et recommandations	17
1.6. Physique hadronique à Jefferson Lab.....	17
Avis et recommandations	17
1.7. Physique hadronique à GSI/FAIR.....	17
Avis et recommandations	18
2. Vie du conseil.....	19
2.1. Compte-rendu.....	19
2.2. Fonctionnement du conseil	19
2.3. Échange avec la direction.....	19
2.4. Échange avec la section 01	19
2.5. Recommandation	20
2.6. Jury d'admission CR.....	20
2.7. Futurs conseils.....	20

Membres du Conseil scientifique

Présents : J.C. Angélique, B. Blank, Y. Blumenfeld, D. Douillet, D. Duchesneau, B. Farizon, M. Jacobé de Naurois, P. Gay, T. Hebbeker, F. Kapusta, A. Masiero, A. Monfardini, C. Renault, M. Ridel, D. Vincent, K. Werner

Excusés : M. Baylac, D. Boutigny, E. Clément, C. Landesman, P. Manigot, M.-H. Schune, W. da Silva, P. Van Duppen

Invité : R. Granier de Cassagnac

Personnes présentes à la session fermée

Direction de l'institut : F. Farget, R. Pain, P. Verdier

Orateurs et associés : A. Maire, B. Erazmus, F. Fleuret, S. Niccolai, M. Nguyen, B. Ramstein, P. Robbe, Y. Sirois, Y. Schutz, M. Winter

Rapporteurs externes : A. Bressan (Université de Trieste, Italie), N. d'Hose (CEA Saclay), C. Marquet (École Polytechnique), C. Salgado (Université de Santiago de Compostela, Espagne)

Ordre du jour de la séance ouverte (jeudi 8 février)

- Introduction du conseil : *Mélissa Ridel (LPNHE Paris)*
- Introduction « Physique hadronique » : *Jean-Yves Ollitrault (CEA Saclay)*
- Physique hadronique / infrastructures : situation en Europe
- et au niveau international : *Barbara Erazmus (SUBATECH Nantes)*
- Collisions d'ions lourds dans l'expérience ALICE au LHC : *Antonin Maire (IPHC Strasbourg)*
- Collisions d'ions lourds dans l'expérience CMS au LHC : *Mathew Nguyen (LLR Palaiseau)*
- Collisions d'ions lourds dans l'expérience LHCb au LHC : *Patrick Robbe (LAL Orsay)*
- Physique hadronique à Jefferson Lab : *Silvia Niccolai (IPNO Orsay)*
- Physique hadronique à GSI/FAIR : *Béatrice Ramstein (IPNO Orsay)*

Ordre du jour, documents préparatoires et présentations publiques disponibles sur le site de l'IN2P3 : <http://www.in2p3.fr/actions/conseilsscientifiques/conseils.htm>

Remerciements aux orateurs et rapporteurs externes

Le conseil remercie les orateurs pour la qualité et la clarté de leur rapport écrit (sauf celui sur la situation internationale qui n'a pas été fourni) et de leur exposé concernant les différents projets présentés lors de ce conseil. Le conseil remercie également les rapporteurs pour leur travail et la pertinence de leurs contributions sur les projets étudiés par le conseil.

Questions posées par l'IN2P3

- *Quelles sont les principales spécificités (points forts/points faibles) de la contribution de l'institut, vis-à-vis des autres organismes français et internationaux, dans ces expériences et projets ?*
- *Comment les projets présentés s'inscrivent-ils dans la durée ?*
- *Comment les expériences répondent-elles aux questions théoriques ?*
- *Quelle est la cohérence (complémentarité, compétition) entre les trois expériences du LHC ? Peut-on améliorer la contribution de l'institut ?*
- *Quelles sont les priorités scientifiques en physique hadronique, à l'horizon 2025 et au-delà ?*

1. Examen de projets sur le thème Physique hadronique

1.1. Introduction

Le sujet de ce conseil est l'étude de l'une des quatre interactions fondamentales, l'interaction forte. La physique hadronique s'intéresse à l'interaction forte dans toute sa complexité, soit dans le domaine dit "non-perturbatif". En raison de ce caractère, un proton ne peut être décrit, même approximativement, comme un simple assemblage de trois quarks.

La motivation est double. D'une part, la particularité des systèmes fortement corrélés est qu'ils ne se prêtent pas à une description simple. Pour cette raison, ils sont le siège de nouveaux phénomènes - par analogie, on peut faire référence à la supraconductivité en matière condensée - que l'on souhaite découvrir et étudier. D'autre part, il est naturel pour un physicien de souhaiter comprendre le proton, brique de base de toute la matière dite baryonique ou simplement "ordinaire".

La physique hadronique au CNRS se décline sous deux formes assez distinctes. D'une part la physique des collisions noyau-noyau ultra-relativistes consiste à étudier simultanément un grand nombre de hadrons, particules produites par l'interaction forte. Cette physique est aussi appelée physique des ions lourds, même lorsqu'elle s'applique à des collisions proton-proton. D'autre part, la physique hadronique proprement dite étudie directement le hadron avec une communauté environ deux fois moins nombreuse que celle attachée à la physique des ions lourds.

En ce qui concerne la physique des ions lourds, la situation a radicalement changé depuis une dizaine d'années avec l'avènement des calculs *ab initio* de QCD car les résultats expérimentaux peuvent à présent être confrontés aux prédictions sur la nature du plasma. La puissance actuelle des ordinateurs s'avère indispensable pour reproduire les masses des hadrons légers ou d'autres observables plus complexes à l'aide de modèles phénoménologiques.

Une collision entre deux noyaux de plomb au LHC génère environ 30 000 hadrons dans un volume de plusieurs milliers de fermi-cube. Réaliser de telles collisions permet de créer des conditions inédites et ainsi d'observer des phénomènes dits émergents. Leur étude, au niveau de la compréhension théorique comme au niveau de l'analyse expérimentale, requiert des méthodes nouvelles et spécifiques par rapport à celles de la physique des particules "classique".

La collision entre deux noyaux produit un système étendu gouverné par l'interaction forte qui instaure un équilibre thermodynamique local et éphémère avant de produire des hadrons par détente dans le vide. On s'attend à la création d'un plasma de quarks et de gluons très chaud, prédit par la théorie grâce aux calculs de QCD sur réseau, et on approche même la limite d'un comportement de type corps noir pour les collisions les plus violentes.

Les premières études expérimentales du plasma quarks-gluons ont été conduites au SPS à partir de 1986 - on a récemment célébré les 30 ans d'ions lourds au CERN. La nature de ce plasma a été mise en évidence à RHIC au États-Unis en 2000, et c'est principalement au LHC que se poursuit actuellement cette recherche. Les analyses en physique des ions lourds se concentrent essentiellement sur l'expansion hydrodynamique, les *jets* dans le plasma et les quarks lourds.

Des densités d'énergies extrêmes peuvent aussi être réalisées dans les collisions proton-proton et proton-noyau, surtout si on regarde les événements de haute multiplicité, car ici les volumes en question sont beaucoup plus petits. Mais il était impensable que ces "petits systèmes" puissent s'équilibrer. Or, très récemment, plusieurs mesures ont montré la possible présence d'effets collectifs dans les petits systèmes.

L'expansion hydrodynamique considère l'ensemble des particules pour réaliser la modélisation hydrodynamique du système sachant que la thermalisation est, au mieux, locale. Étonnamment, une description en termes de fluide est pertinente alors que la taille du système est petite car la très faible viscosité dans un régime de couplage fort compense l'effet de taille. L'étude des corrélations entre les hadrons produits par la désintégration du plasma donne pour le moment des résultats en accord avec les prédictions hydrodynamiques.

Les *jets* sont définis comme les gerbes de particules produites par l'éjection d'un quark ou d'un gluon de haute énergie par un processus de cascade d'émissions de gluons. Lorsque le *jet* est émis dans un plasma, et non dans le vide, les gluons peuvent être émis avec un angle important par rapport à l'axe du jet. Ces particules sortent alors du *jet* qui rassemble, par construction, des particules quasi-colinéaires : le *jet* semble perdre de l'énergie. Ce mécanisme de perte d'énergie présente des analogies avec la turbulence en mécanique des fluides.

Les quarks lourds *c* et *b* permettent une autre approche de l'étude du plasma quarks-gluons. Des phénomènes d'écrantage lors de la création de paires quark-antiquark doivent être pris en compte. Mais l'énergie des collisions plomb-plomb étudiées par les expériences du LHC est telle qu'une seule collision peut produire plusieurs paires dont les éléments pourraient ensuite se recombinaison, notamment à faible quantité de mouvement. Les deux effets sont à prendre en compte pour étudier la dynamique des quarks lourds dans le plasma quarks-gluons.

En ce qui concerne la physique des hadrons, elle se décline principalement autour du spectre hadronique et de la structure du hadron.

Le spectre hadronique résulte du confinement de l'ensemble des quarks qui constituent le hadron. La classification se fait selon leur nombre quantique (saveur, spin, parité et masse). Au cours de la dernière décennie, des hadrons dits exotiques, interprétés comme des tetraquarks ou des pentaquarks, ont été découverts et sont le sujet de plusieurs programmes de recherche dédiés.

Enfin des études se concentrent sur la structure interne de l'unique hadron stable, le proton. La fonction de structure donne la répartition de l'impulsion du proton en ses différents partons. Son calcul *ab initio* est un nouveau domaine théorique en pleine expansion alors que les recherches expérimentales visent à donner une image pluri-dimensionnelle de la dynamique des constituants du nucléon. Notamment, les Distributions de Parton Généralisées permettent de corréler l'impulsion longitudinale et la position transverse des partons.

En France, 50 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents émergent dans ce domaine, les deux-tiers étant au sein de la collaboration ALICE. Ils encadrent actuellement 20 doctorants et collaborent avec 10 post-doctorants dans 8 laboratoires de l'IN2P3 : l'IPHC (Strasbourg), l'IPNL (Lyon), l'IPNO (Orsay), le LAL (Orsay), le LLR (Palaiseau), le LPC (Clermont-Ferrand), le LPSC (Grenoble) et Subatech (Nantes).

La communauté théorique est importante et on notera que l'algorithme de reconstruction des *jets* utilisé par toutes les collaborations du LHC, que ce soit lors des collisions proton-proton ou plomb-plomb, a été développé en France et est l'objet de la publication de physique théorique des hautes énergies la plus citée des dix dernières années.

Le conseil examine les collaborations en physique hadronique dans lesquelles l'institut est impliqué : ALICE, CMS et LHCb installés au LHC ainsi que JLab aux États-Unis et FAIR en Allemagne.

Infrastructures : situation en Europe et au niveau international

La physique hadronique est présente depuis de nombreuses années en France avec une participation au SPS (CERN) puis au RHIC (États-Unis). Aujourd'hui les efforts en physique des ions lourds se concentrent à nouveau au CERN dans trois des quatre principales expériences installées au LHC : ALICE, CMS et LHCb. Le LHC délivre essentiellement des collisions proton-proton avec, environ un mois par an, des collisions d'ions lourds plomb-plomb, ou plus rarement proton-plomb.

Il existe un programme en physique hadronique au LHC jusqu'en 2029, qui inclut donc la phase à haute luminosité. Des projets à partir de 2030 ont été déposés ou sont en préparation par les diverses expériences. Par ailleurs, des études sont en cours pour envisager une machine dédiée à plus haute énergie à un horizon encore plus lointain. Un groupe a été créé au CERN pour établir un plan stratégique basé sur une large consultation de la communauté avec des ateliers régulièrement organisés.

En Allemagne, FAIR bénéficie d'un nouveau souffle avec sa construction sur le site de GSI après plusieurs retards du projet. Le démarrage est planifié pour 2025.

Au niveau européen, une réponse à l'appel à projets HORIZON 2020 autour de la physique hadronique est en préparation avec un budget de 10 millions d'€ : Hadrons Physics Horizon 2018. Deux mille personnes ont été contactées dans ce cadre. L'action structurante a permis de fusionner certains projets. La France participe à 13 des 27 projets issus des 52 propositions et en coordonne 9 ; ces projets seront très bientôt publics.

Des expériences sont également en place en Asie mais la France n'y participe pas, elles ne sont donc pas présentées ici.

Outre-Atlantique, des activités importantes ont lieu à JLab aux États-Unis avec une participation française. Sa suite naturelle serait un collisionneur électron-ion (EIC). Le projet, fortement soutenu par la DOE, semble prendre forme et deux options sont actuellement clairement identifiées. Le CEA-IRFU affiche un intérêt fort pour ce projet et une partie importante de la communauté européenne de physique hadronique est mobilisée autour de ce collisionneur malgré le contexte budgétaire difficile.

Collisions d'ions lourds dans l'expérience ALICE au LHC

L'expérience ALICE exploite les collisions noyau-noyau, proton-noyau et proton-proton du LHC pour déterminer les propriétés fondamentales d'un plasma de quarks et de gluons (QGP). Le potentiel de l'expérience pour mesurer, identifier les particules et faire la physique à petites impulsions transverses est relativement unique et dédié à l'exploration de la physique des ions lourds.

Les mesures effectuées par ALICE avec les données des *runs* 1 et 2 sont compatibles avec les résultats attendus dans le cas d'un équilibre thermodynamique avec potentiel chimique

nul. Les mesures des coefficients harmoniques qui quantifient les anisotropies azimutales de la production de particules, pour les hadrons légers et lourds, sont compatibles avec les calculs hydrodynamiques en considérant une viscosité très faible (proche de la limite théorique). Donc il s'agit certainement d'un milieu en interaction forte extrêmement intense. Une autre observation importante a été la perte d'énergie des *jets*, attribuée à l'interaction de partons traversant le milieu. Les mesures sur la production de J/ψ sont compatibles avec la compétition entre le mécanisme de dissociation thermique des états du charmonium et un mécanisme de recombinaison de quark et anti-quark charmés initialement produits par deux processus durs distincts.

Plus spécifiquement, ALICE a mesuré de façon systématique pour les différents systèmes (pp, p-Pb, Pb-Pb) les spectres en impulsion transverse des hadrons légers chargés et neutres (incluant les photons), des noyaux légers, des mésons D et des charmonia. Au niveau des *jets*, depuis le *run 2*, ALICE a pu mesurer des observables différentielles, comme la production semi-inclusive de *jets*, pour étudier l'élargissement angulaire inter- and intra-*jets* dans les collisions Pb-Pb centrales.

Les collisions impliquant des petits systèmes, pp et p-Pb, ont créé une surprise. En effet, des observations faites dans les mesures de corrélations de particules multiples, dans le secteur des saveurs légères notamment, ont montré la possible présence d'effets collectifs. La même conclusion a été faite en ce qui concerne la production d'étrangeté. Un autre résultat majeur concerne la présence de fortes corrélations entre la production de sondes dures (quarkonia et charme ouvert) et la multiplicité globale qui s'interprète en termes d'effets non-QGP.

La France est un acteur important depuis les débuts de l'expérience ALICE et a contribué de manière significative à sa construction, son exploitation et maintenant au développement des améliorations en vue du *run 3*. Les équipes françaises ont mené un programme de physique important sur des sujets majeurs pour la compréhension des propriétés du QGP avec des analyses des données issues des *runs 1* et *2*.

Six laboratoires de l'IN2P3 sont impliqués et membres de la collaboration ALICE: l'IPHC, l'IPNL, l'IPNO, le LPC, le LPSC et SUBATECH, qui rassemblent 24 chercheurs permanents CNRS, 11 enseignants-chercheurs, 4 post-doctorants et 11 doctorants.

Les principales thématiques scientifiques étudiées par les physiciens de l'IN2P3 concernent la physique des quarkonia (IPNO, LPC, SUBATECH, IPNL), la physique de l'étrangeté (IPHC) et des saveurs lourdes ouvertes (IPHC, IPNO, LPC), la physique des photons directs (LPSC, SUBATECH), la physique des *jets* (LPSC) et la physique des di-leptons de basse masse (IPNL).

Les laboratoires de l'IN2P3 sont engagés aussi de façon importante dans le projet d'amélioration de l'expérience pour les *runs 3* et *4*. Avec un taux de collisions plus de dix fois supérieur en Pb-Pb au taux actuel, le programme de physique se resserrera autour des mesures de sondes rares du QGP : processus durs ou processus mous tels que la physique des saveurs dans les hautes multiplicités pour les petits systèmes ou encore la production des noyaux légers. Pour fonctionner dans ce nouveau régime de collisions, de nombreux changements sont prévus et vont concerner presque tous les éléments du détecteur. Dans ce cadre, les physiciens de l'IN2P3 sont porteurs du projet MFT (Muon Forward Tracker) et les laboratoires impliqués ont une charge prépondérante dans le financement et la construction de ce détecteur (IPNL, LPC, SUBATECH). Les physiciens et ingénieurs des laboratoires de l'IN2P3 sont également fortement impliqués dans la construction de la

nouvelle électronique des stations de trajectographie (IPNO, SUBATECH) et d'identification (LPC, SUBATECH) du spectromètre MUON et de l'assemblage de modules du nouveau trajectographe ITS (IPHC). Le LPSC contribue aux améliorations des amas calorimétriques EMCAL/DCAL et, avec son groupe d'électronique, participe au développement du module de lecture des données commun à l'ensemble des détecteurs ALICE.

Au niveau du *tracker* interne, le nouvel ITS consistera en sept couches de détecteurs au lieu de six et couvrira une gamme de pseudo-rapacité un peu plus large avec un budget matériel grandement réduit et une résolution spatiale améliorée. L'efficacité de reconstruction des traces sera également fortement accrue. L'IPHC Strasbourg assemblera 20% des modules dédiés aux 4 couches extérieures. La contribution financière de l'IN2P3 au coût du projet, hors R&D, est de 800 k€. L'IPHC est également en charge de la coordination de l'environnement logiciel pour la simulation, l'étalonnage, l'alignement, le contrôle qualité des données, la reconstruction des traces des particules et l'identification des vertex secondaires.

L'électronique frontale (MUON et TPC) sera remplacée par une nouvelle électronique de lecture basée sur le circuit SAMPA également utilisé pour la TPC. Les données sont véhiculées vers les châssis d'acquisition SOLAR pour ensuite atteindre l'infrastructure commune d'acquisition CRU. L'IPNO conçoit et produit les 20 000 cartes DualSampa. Les prototypes finaux seront validés au premier semestre 2018 et le début de la production est prévu pour fin 2018/début 2019. La contribution financière de l'IN2P3 au coût total, hors R&D, est de 646 k€.

Concernant le MUON ID, un tiers des détecteurs RPC sera remplacé (INFN Turin) avec le passage à une électronique frontale avec amplification (projet FEERIC). Ces cartes FEERIC ont été conçues et produites au LPC. SUBATECH prend en charge le remplacement de toute l'électronique de lecture, soit 250 cartes numériques complexes, en liaison avec les cartes de lecture CRU. Le coût à la charge de l'IN2P3 est de 430 k€.

Pour le MFT (Muon Forward Tracker), composé de 10 plans de 5 disques, chacun équipé de capteurs silicium à pixels ALPIDE, l'objectif est d'augmenter de manière très significative la résolution de pointage des traces des muons au niveau du vertex d'interaction primaire et ainsi de discriminer l'origine des états du charmonium. La coordination du projet est assurée par la France. Les laboratoires français impliqués sont : SUBATECH, LPC, IPNL et CEA-IRFU. En 2017, 35 personnes de l'IN2P3 travaillent sur ce projet : 21 ingénieurs et techniciens, 11 physiciens, 2 post-doctorants et un doctorant. La contribution financière de l'IN2P3 au coût du projet, hors R&D, est de 1 370 k€.

Enfin ALICE a choisi de changer la méthode de lecture des données pour passer d'un mode déclenché à un système de lecture en continu. Le logiciel associé à la carte de lecture CRU de ce nouveau système est en cours de développement sous la responsabilité du LPSC.

L'ensemble de ces améliorations va permettre de donner des informations supplémentaires sur plusieurs aspects de physique, notamment dans le secteur des saveurs lourdes pour la réponse du charme à la dynamique collective du milieu, l'hadronisation du QGP, la perte d'énergie, la dynamique des charmonia dans le QGP, la thermalisation des quarks lourds dans le milieu et le transport des quarks lourds par le QGP. Les photons apporteront plus d'informations sur la dynamique initiale de la collision et permettront l'étude de nouvelles observables multi-paramétriques.

L'étude des *jets* bénéficiera de mesures plus adaptées, comme *jet* et un photon direct. De nouvelles observables seront aussi exploitées. Plus généralement, pour les collisions

proton-proton et proton-noyau il sera possible d'effectuer des mesures multi-différentielles, en particulier le taux de production en fonction de la multiplicité pour toute sorte de particule.

Collisions d'ions lourds dans l'expérience CMS au LHC

L'existence du plasma quarks-gluons a été prévue par la chromodynamique quantique dans les années 1970. Il peut être créé dans les collisions d'ions lourds à très haute énergie. Les premières expériences ont eu lieu dans les années 1990 à l'AGS à Brookhaven et au SPS au CERN. La suppression du J/ψ dans l'expérience NA50 du CERN a été proposée comme première preuve expérimentale. Le LLR était moteur dans cette expérience.

Dans les années 2000 au RHIC, cet instrument ayant permis un saut en énergie d'un facteur 10 par rapport au SPS, plusieurs signatures simultanées ont conforté la découverte du QGP. La surprise a résidé dans le fait que les quarks et les gluons sont en très forte interaction : le « plasma » ressemble plutôt à un liquide ! Le LLR était fortement impliqué au RHIC.

L'étape suivante est le LHC avec l'expérience ALICE dédiée aux ions lourds. Le LLR ne s'implique pas dans cette expérience mais une petite équipe, composée actuellement de 3 chercheurs, 2 postdocs et 2 étudiants, s'investit dans CMS ions lourds.

Pour l'étude des collisions d'ions lourds, CMS a des capacités complémentaires d'ALICE, en particulier la couverture angulaire, la bande passante d'acquisition (pour enregistrer des phénomènes rares) et les performances de reconstruction pour les *jets* et les muons. Les inconvénients sont la faible capacité d'identification des particules et la faible acceptance à basse impulsion transverse.

L'augmentation en luminosité et en énergie du *run 2* a donné de très nombreux nouveaux résultats, avec en particulier pour CMS les *jets* complètement reconstruits, les bosons électrofaibles, les upsilons, les quarks b et même le quark top. Une surprise est que certaines manifestations attribuées au plasma quarks-gluons ont été observées en collisions proton-noyau. Les enjeux scientifiques associés à ces résultats sont importants : le confinement des quarks et des gluons en hadrons qui leur confère leur masse, l'une des transitions de phase dans l'univers primordial et l'équation d'état de la matière nucléaire dans des conditions extrêmes.

L'équipe a eu une très forte production scientifique avec 14 articles avec contribution significative au *run 1* et au moins 7 prévus avec les données du *run 2* ainsi que des responsabilités importantes au sein de l'expérience.

Le projet est déployé sur cinq sujets d'analyse. Il n'est pas prévu de contribution instrumentale mais le LLR contribue par ailleurs de façon importante aux améliorations de CMS. Les sujets sont :

- mesurer la dépendance en centralité de la suppression des trois $Y(nS)^3$ pour estimer une température du plasma,
- mesurer le flot elliptique des upsilons et le comparer à celui du J/ψ ,
- mesurer la production associée photon + *jet* en identifiant la saveur du *jet*,

- mener des recherches exploratoires sur les hadrons exotiques comme le méson B_c : il y a compétition ici entre ALICE, CMS et LHCb, aucun de ces détecteurs n'étant idéal pour cette recherche.
- participer aux premières mesures du quark top et mesurer le *quenching* des quarks b.

L'équipe pense qu'il y a intérêt à poursuivre les mesures d'ions lourds lors du *run 4* avec le HL-LHC à partir de 2026 mais il n'y a pas encore de programme précis établi.

Collisions d'ions lourds dans l'expérience LHCb au LHC

La production de quarks lourds par collision d'ions lourds a pour objectif scientifique l'étude du confinement en couleur des quarks. C'est un projet ambitieux car plusieurs phénomènes, qui sont seulement partiellement compris actuellement, contribuent à la phénoménologie de ce sujet. C'est le cas en particulier du plasma quarks-gluons, de la régénération statistique et des effets de matière nucléaire froide.

Afin de séparer les effets influençant la production de J/ψ dans un environnement à haute multiplicité, il est important d'effectuer les mesures à bas et haut centres de masse. Les plus hautes énergies et les plus grandes multiplicités des particules sont atteintes au LHC lors des collisions plomb-plomb, étudiées par l'expérience ALICE naturellement, mais également par ATLAS et CMS. Le détecteur LHCb ne peut pas actuellement faire face à la multiplicité particulièrement élevée résultant de ces collisions mais est bien adapté à l'étude de la production des quarks *bottom* et charme à des énergies correspondant aux plus faibles centres de masse.

L'expérience LHCb offre de nombreux avantages : elle peut opérer à la fois en mode collisionnel (proton ou noyau) et en mode cible fixe grâce à une cible gazeuse, elle couvre une région arrière bien adaptée à la mesure des particules produites par ces réactions, son détecteur de vertex peut différencier la production de charme prompt et la décroissance de ces quarks à partir de mésons *bottom*. Le dispositif SMOG permet d'injecter du gaz noble, du néon par exemple, dans le vide du LHC pour le fonctionnement en mode cible fixe.

Deux groupes français, au LLR et au LAL, ont initié l'utilisation d'une cible gazeuse pour ions lourds à LHCb. Ces groupes jouent un rôle important et visible dans ce projet en dépit de leur taille modeste (2 chercheurs permanents et 3 post-doctorants), comme en témoigne leur fonction de *run coordinator* et les nombreuses invitations en conférences internationales.

Physique hadronique à Jefferson Lab

Jefferson Lab est un laboratoire américain situé sur la côte Est des États-Unis à Newport News. L'accélérateur CEBAF (Continuous Electron Beam Accelerator Facility) actuellement en fonctionnement dans ce laboratoire délivre un faisceau d'électrons de 12 GeV à quatre halls expérimentaux ; l'IN2P3 participe aux expériences des Halls A, B et C. L'énergie des faisceaux d'électrons, auparavant de 6 GeV, a été portée à 12 GeV en 2014. Différentes cibles et détecteurs permettent de produire des données dans diverses conditions.

L'objectif des prises de données dans des configurations variées est la compréhension de la structure des hadrons, à savoir comment ils sont formés par les quarks et les gluons qui les composent. La structure en partons du nucléon est décrite par le formalisme des distributions de partons généralisées (GPD) que l'on cherche à connaître au mieux dans

différents régimes cinématiques. Les GPD permettent de comprendre les corrélations entre différents partons. Quatre GPD dépendent chacune de trois variables cinématiques indépendantes. Expérimentalement, il s'agit d'envoyer des électrons sur des cibles de protons ou de neutrons avec un transfert d'énergie très grand par rapport à la masse du nucléon cible. CEBAF fournit un faisceau d'électrons polarisés de haute intensité et à haut cycle utile adapté aux faibles sections efficaces de ces réactions. Différentes observables sont l'objet des mesures du groupe de l'IPNO engagé à Jefferson Lab, par exemple avec les spectromètres à haute résolution du Hall A pour des sections efficaces précises dans un espace des phases choisi ou avec le détecteur à grande acceptance CLAS du Hall B pour couvrir la mesure de section efficace sur un grand espace de phase. Ces mesures ont donné lieu à plusieurs publications.

Lors du saut en énergie du faisceau d'électrons, de 6 à 12 GeV, les détecteurs ont été adaptés avec des contributions de l'IN2P3, avec notamment la construction et la mise en route du Central Neutron Detector pour CLAS12. D'autres développements instrumentaux sont en cours et viennent s'ajouter à l'exploitation des données collectées à 12 GeV. En effet, l'IPNO participe au développement nécessaire au détecteur Neutral Particle Spectrometer (NPS) du Hall C pour une prise de données prévue en 2020. Ce détecteur est un défi technologique en soit car il doit accepter un taux de radiations extrêmement important. De même, le groupe s'engage dans la construction d'un nouveau détecteur de fragments nucléaires, appelé ALERT (A Low Energy Recoil Tracker), pour équiper CLAS12 qui est le successeur de CLAS. Le groupe est investi dans le calorimètre de l'expérience Heavy Photon Search (HPS). Cette expérience de recherche d'un photon lourd, démarrée en 2014, a pour but de trouver une nouvelle particule, hors du modèle standard, appelée « photon lourd » dans le secteur de masse de 20 à 1000 MeV. Le photon lourd serait un nouveau boson de jauge U(1) avec un couplage réduit à la charge électrique due au « mélange cinétique » avec le photon classique.

A plus long terme, le groupe souhaite avoir un rôle important auprès du futur collisionneur électron-ion EIC dont des études de conception sont actuellement en cours. La communauté liée à ce projet commence à se structurer et le groupe de l'IPNO y participe à travers des simulations pour comprendre la précision accessible avec les futures mesures mais aussi avec de la R&D autour d'un calorimètre. L'objectif des collisionneurs électron-ion, à hautes énergie et luminosité, est d'accéder à une bien meilleure connaissance des gluons par des mesures ultra-précises de la structure du nucléon dans une région cinématique où la mer de quarks et gluons domine et où les phénomènes de saturation sont importants. De plus, les gluons ne sont pas directement accessibles par les expériences sur cible fixe car ils n'interagissent qu'avec les quarks. Cet accélérateur ouvrirait un nouveau pan de la physique hadronique encore peu exploré.

Physique hadronique à GSI/FAIR

Le projet FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) est en construction sur le site de GSI à Darmstadt, en Allemagne et sera réalisé en deux temps. La phase 1 de FAIR utilisera le synchrotron actuel comme injecteur d'un nouveau synchrotron SIS100 pour délivrer des faisceaux de protons jusqu'à 29 GeV et de nickel et d'or jusqu'à presque 15 GeV/nucléon. Un anneau de stockage permettra de créer un faisceau secondaire d'antiprotons d'énergie comprise entre 1.5 et 15 GeV et de relativement faible luminosité ($10^{31} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$). Cet ensemble est en construction et les expériences doivent être opérationnelles en 2025. Au-delà, une phase 2 est programmée mais non encore financée. Elle comprendra un synchrotron supplémentaire pour atteindre 35 ou 40 GeV/nucléon et un anneau de pré-stockage pour augmenter la luminosité des réactions antiproton-proton d'un facteur 20. Le

détecteur HADES est actuellement utilisé et devrait le rester jusqu'en 2021, voire au-delà pour 3 ou 4 mois par an. La phase 0 actuelle de FAIR consiste à préparer des points de vue scientifique et technique les expériences prévues à FAIR.

FAIR s'articule autour de quatre piliers : APPA (Atomic, Plasma Physics and Application), NUSTAR (NUclear Structure, Astrophysics and Reactions), CBM (Compressed Baryonic Matter) et PANDA (AntiProton ANihilation at Darmstadt). Le pilier CBM intègre sur son site deux dispositifs, un nouveau détecteur CBM et le détecteur HADES (High Acceptance Di-Electron Spectrometer) actuellement utilisé à GSI. HADES joue ainsi un rôle particulier dans ce cadre pour l'expérience CBM.

Le projet présenté au conseil comporte trois contributions en lien avec le détecteur HADES et les collaborations CBM et PANDA.

L'expérience HADES a été conçue pour étudier la matière hadronique dense à température modérée. La détection des paires électron-positron avec le spectromètre HADES permet l'étude des modifications des mésons vecteurs dans la matière nucléaire lors des collisions noyau-noyau ; ces travaux ont permis la mise en évidence de la distorsion de la fonction spectrale du méson et une très forte absorption du méson dans les collisions proton-noyau. Les mesures à plus haute énergie avec SIS100 permettront la production du Φ et de particules étranges. En parallèle, les mesures de certaines réactions élémentaires permettent de fournir des sections efficaces de référence pour l'étude de la matière nucléaire. L'étude des résonances baryoniques et de leur décroissance électromagnétique est également particulièrement importante car elle ouvre la voie avec SIS100 à une meilleure connaissance des hypérons qui jouent un rôle important dans les étoiles à neutrons. Le programme expérimental d'HADES se poursuit et sera ensuite intégré à FAIR. Le groupe de l'INPO a une expertise bien reconnue dans la communauté pour l'étude des résonances baryoniques et leur décroissance électromagnétique mais l'équipe se trouve aujourd'hui réduite à 1.4 équivalent temps-plein. La participation aux améliorations techniques d'HADES est aujourd'hui aussi restreinte : elle consiste en une contribution financière de 40 k€ pour la construction d'un détecteur de traces avec la technique des tubes-pailles qui augmentera l'acceptance aux angles avant. Cette réalisation sera faite par les collègues de Cracovie et l'IPNO construira seulement les cadres et supports mécaniques ; ce détecteur doit être prêt pour fin 2018.

L'expérience CBM étudie également la matière hadronique dense à température modérée. L'exploration du diagramme de phase de QCD a surtout été faite vers les hautes températures et les plasmas de quarks et gluons avec les expériences ALICE, ATLAS et CMS au LHC ou encore STAR et PHENIX à RHIC. Mais la matière nucléaire dans les conditions proches de celles des étoiles à neutrons suscite aujourd'hui un intérêt renouvelé, notamment suite à la détection des ondes gravitationnelles produites par la fusion d'étoiles à neutrons. Ainsi, cet objectif est affiché par CBM à FAIR, NICA à JINR, NA61 et NA60++ au CERN ou encore Beam Energy Scan à RHIC. L'objectif est de déterminer l'équation d'état de la matière nucléaire dans ces conditions et d'étudier la restauration de la symétrie chirale et la production de formes exotiques. Le détecteur doit permettre de mesurer des états rares avec une grande précision statistique et de gérer un taux d'interactions allant jusqu'à 10 MHz avec une multiplicité de l'état final allant jusqu'à 600 particules. Ces contraintes constituent un défi pour le détecteur de vertex auquel contribue le groupe PICSEL de l'IPHC. Ce groupe, motivé par le défi technologique, est très impliqué dans la collaboration et conçoit actuellement une nouvelle génération de détecteurs CMOS dont les capacités de vitesse de lecture, de tenue aux radiations et

d'épaisseur sont parfaitement adaptées. Le groupe, composé de 2 physiciens et d'une quinzaine d'ingénieurs, demande un investissement de l'IN2P3 de 210-240 k€ pour le développement et le test de différents prototypes de 2018 à 2021 pouvant déboucher sur la fabrication du détecteur de vertex.

Le programme PANDA a été conçu pour la spectroscopie hadronique avec la recherche de nouvelles formes de matière, états multi-quarks, boules de glue ou hybrides. C'est un programme très séduisant mais soumis à une grande concurrence avec LHCb et COMPASS au CERN, GLUEX à Jlab aux USA, BELLE au Japon et BES en Chine. Son atout est le faisceau d'antiprotons ; cependant la luminosité nécessaire ne sera disponible qu'avec la phase 2 de FAIR, soit autour de 2030. L'IPNO a eu une implication dans l'étude des facteurs de forme électromagnétiques et dans la R&D pour le calorimètre électromagnétique qui s'est arrêtée progressivement. Aujourd'hui le LAL propose son expertise pour concevoir un système de contrôle lent avec des moyens de l'ordre de 50 k€.

1.2. Avis général

Des informations complémentaires et les avis détaillés sont présentés dans les sections suivantes, pour chaque projet. Le conseil répond ici aux questions posées par l'institut de façon synthétique.

- *Quelles sont les principales spécificités (points forts/points faibles) de la contribution de l'institut, vis-à-vis des autres organismes français et internationaux, dans ces expériences et projets ?*

La contribution française sur ALICE est ancrée par une importante contribution instrumentale. Un point fort est que les développements actuels pourront être utiles au-delà de cette expérience. Alice a un potentiel unique pour faire la physique à petites impulsions transverses, essentielle pour extraire les propriétés d'un plasma de quarks et de gluons en expansion, et cet atout est bien exploité par les équipes françaises.

L'équipe française travaillant sur LHCb est à l'initiative de l'usage de SMOG pour étudier les collisions d'ions lourds sur cible fixe, cas unique au LHC et très bien perçu par la communauté internationale. Sur CMS, l'équipe a réussi à intégrer la physique des ions lourds au programme scientifique de la collaboration.

En ce qui concerne JLab, l'expertise reconnue de l'équipe concerne notamment la détermination des GPD. Le point fort de l'équipe engagée sur HADES est son expertise reconnue en résonances baryoniques. La contribution instrumentale majeure proposée est à grande visibilité et se place dans un cadre plus large et plus ambitieux.

La faiblesse des équipes sur CMS et LHCb, mais aussi sur FAIR, est liée à la réduction de leur taille pour diverses raisons (et l'absence de visibilité en ce qui concerne le financement au-delà de 2020 dans les cas de CMS et LHCb). Leur rôle et la taille critique pour permettre un travail visible ne pourront être maintenus sans un soutien.

- *Comment les projets présentés s'inscrivent-ils dans la durée ?*

La collaboration ALICE a un programme riche et détaillé jusqu'au run 4. Des développements instrumentaux sont en phase de production ou définis et en attente d'approbation par la collaboration. Par ailleurs, la collaboration prépare des pistes pour l'après-2030.

En ce qui concerne LHCb, le détecteur et le dispositif SMOG ont des améliorations prévues et la collaboration soutient la physique des ions lourds. Les collisions plomb-plomb pourront être pleinement étudiées par LHCb à partir de 2021 mais le groupe français souhaite se concentrer sur les collisions sur cible fixe et proton-plomb.

L'équipe impliquée dans CMS a cinq sujets de physique identifiés et leur étude s'appuiera sur les données des *runs* 2 et 3. Si un intérêt a été exprimé pour poursuivre ces activités, il n'y a pas de programme établi au-delà.

Les activités à JLab sont appelées à être poursuivies sur le très long terme dans le cadre de l'EIC. Le groupe de l'IPNO affiche d'ores et déjà son intérêt et participe activement au développement de ce projet. Le conseil note que l'IRFU est aujourd'hui plus clairement engagé dans l'EIC que l'IN2P3.

Enfin FAIR s'inscrit naturellement dans la durée avec une mise en service vers 2025 et des installations pleinement opérationnelles vers 2030. Le conseil note que la France est partie prenante de ces installations, quel que soit le retour scientifique au niveau des équipes de l'IN2P3.

- *Comment les expériences répondent-elles aux questions théoriques ?*

Les aspects théoriques n'ont pas été explicitement présentés et donc évalués : le conseil ne dispose pas des éléments pour répondre à cette question de façon satisfaisante. Néanmoins des éléments de réponse se trouvent en lien avec la question suivante : complémentarité des expériences et besoin d'outils publics pour une interprétation des données optimisée, à la hauteur des efforts humains et financiers investis dans l'instrumentation et l'analyse.

- *Quelle est la cohérence (complémentarité, compétition) entre les trois expériences du LHC ? Peut-on améliorer la contribution de l'institut ?*

ALICE, LHCb et CMS se complètent mutuellement. ALICE est unique pour la physique petites impulsions transverses et toute son instrumentation est optimisée pour la physique des ions lourds. LHCb est unique grâce à sa couverture des angles avant, ses capacités de mesure des saveurs lourdes et son mode de collision sur cible fixe. CMS possède une couverture angulaire complémentaire de celle d'ALICE et de meilleures performances en ce qui concerne la reconstruction des *jets*.

Par ces complémentarités, les trois expériences auprès du LHC apportent des éléments de réponse pour comprendre la nature du plasma quarks-gluons et la structure interne du proton. Les autres expériences, utilisant des collisions de natures et conditions différentes, complètent le panel d'informations disponibles.

Le conseil note le besoin de développer des outils permettant l'interprétation des données de façon plus efficace, pertinente et large. L'institut pourrait accompagner le groupe ALICE, moteur naturel de cette physique et seul à disposer des ressources humaines nécessaires, pour être à l'initiative de ce développement. Contribuer à une meilleure utilisation des données obtenues permettra de mieux répondre aux questions théoriques et de définir plus précisément celles qui restent ouvertes, ou qui apparaissent.

L'équation d'état de la matière en conditions extrêmes de densité et de température est l'une des grandes questions actuelles. Une "application" est la compréhension des étoiles à neutrons. Avec une large implication en physique du plasma quarks-gluons mais aussi

dans VIRGO, SVOM et CTA, l'IN2P3 a une position sans doute unique pour contribuer à cette étude.

- *Quelles sont les priorités scientifiques en physique hadronique, à l'horizon 2025 et au-delà ?*

Bien que les nouvelles améliorations à l'horizon 2030 aient été discutées, il est prématuré d'émettre un avis sur le sujet en ce qui concerne LHCb et CMS au-delà de 2025 : la pérennité de ces activités reposent avant tout sur une décision de l'IN2P3 de soutien, ou non, à prendre bien avant 2025. En ce qui concerne ALICE, le projet présenté à très long terme est essentiellement instrumental.

Il est délicat d'établir des priorités scientifiques à très long terme, avant même la fin du *run 2* et avant le démarrage du LHC haute luminosité. Le conseil recommande cependant d'être particulièrement attentifs à l'EIC, qui apportera des mesures très complémentaires de celles obtenues auprès du LHC, ainsi qu'à FAIR dans lequel la France est largement impliquée : un retour scientifique de l'investissement est plus que souhaitable. Un engagement dans l'un des deux au moins, l'EIC et/ou FAIR, est indispensable à l'avenir de la physique hadronique en France, en complément de ce qui se fera auprès du LHC. Il est sans aucun doute prématuré d'établir des recommandations à si longue échéance car il y a des enjeux scientifiques mais également les souhaits des individus. Le conseil encourage néanmoins les diverses équipes concernées à travailler ensemble pour se fédérer autour de ces projets.

1.3. Collisions d'ions lourds dans l'expérience ALICE au LHC

Le potentiel de l'expérience pour mesurer et identifier les particules mais aussi pour faire la physique à petites impulsions transverses est relativement unique et dédié à l'exploration de la physique des ions lourds.

Le programme actuel et envisagé par la collaboration ALICE est bien établi et les analyses des *runs 1* et *2* ont apporté des résultats significatifs dans le domaine des ions lourds. Les *runs 3* et *4* offriront la possibilité de poursuivre l'étude des propriétés du QGP avec comme objectifs de tenter de répondre aux questions non résolues avec dix fois plus de statistiques.

Avis et recommandations

La stratégie prévue avec les mises à niveau des détecteurs pour les *runs 3* et *4* est solide. Les implications des groupes IN2P3 sont majeures et offrent une visibilité dans la collaboration mettant en valeur les expertises des laboratoires impliqués dans le domaine des CMOS, de l'électronique frontale et des systèmes de lecture des données. Une partie de la R&D servira au-delà du projet ALICE. Les ressources sont adaptées.

Le conseil considère essentiel de poursuivre les activités engagées, de mener à bien celles envisagées et de garder le niveau existant d'implication dans l'analyse puisque ce niveau a permis d'alimenter significativement les contributions de physique présentes dans les plus importantes publications d'ALICE.

Concernant de futures mises à niveau des détecteurs d'ALICE, le projet d'ajout d'un double calorimètre électromagnétique et hadronique de très grande granularité couvrant un domaine limité à très grande pseudo-rapacité, capable de discriminer les photons directs des photons de décroissance π^0 , pourrait être intéressant à examiner. Il en est de même pour les études menées pour le développement d'un détecteur Silicium de grande

surface s'appuyant sur l'imagerie CMOS et la technologie de *stitching*. Un tel détecteur permettrait de réduire de façon significative le budget matériel d'un futur détecteur de vertex.

Par ailleurs, le conseil recommande aux équipes françaises de regarder plus concrètement l'avenir au-delà d'ALICE, notamment d'examiner le potentiel d'autres options qui peuvent jouer un rôle important dans l'avenir de physique hadronique tel l'EIC.

Le conseil recommande de considérer plus attentivement la question de l'interprétation des données. Dans le domaine des ions lourds ultra-relativistes, on a observé une évolution considérable au niveau de la qualité de données expérimentales. On mesure avec une grande précision une large gamme d'observables de plus en plus sophistiquées. En ce moment, les interprétations des données sont souvent réduites à peu d'observables simples, voire une seule, ce qui ne permet pas d'avoir une vue globale et quantitative. Il semble nécessaire qu'ALICE, comme expérience principale dans ce domaine, prenne l'initiative pour guider les efforts vers une approche systématique pour l'interprétation des données. À l'image de ce qui se fait en physique des particules (ATLAS) ou des rayons cosmiques de très haute énergie (AUGER), il faut mettre en place une plateforme qui contienne les générateurs d'événements, motiver les théoriciens pour participer, fournir des outils pour une analyse complète de l'ensemble des données, et ce en toute transparence.

1.4. Collisions d'ions lourds dans l'expérience CMS au LHC

La communauté de physique hadronique dans CMS, composée d'environ 50 personnes, est petite, ce qui facilite la visibilité de l'équipe et fait qu'il y a très peu de concurrence sur les analyses. De plus, dans les années à venir, les Américains vont progressivement diminuer leur implication en raison de leur investissement dans sPHENIX à RHIC, ce qui devrait offrir une visibilité accrue.

Néanmoins l'équipe a longtemps vécu sur les contrats de deux chercheurs permanents. On peut donc être inquiet pour l'avenir et penser que le programme présenté pour le *run 3* est bien ambitieux par rapport aux forces actuellement en présence.

Avis et recommandations

Les contrats ERC et ANR ont permis le démarrage d'une nouvelle activité originale qui a tenu toutes ses promesses. La production scientifique est abondante, de grande qualité et fortement visible. Néanmoins, une poursuite de cette activité à long terme ne pourra pas se faire avec uniquement de tels contrats. L'heure est venue pour l'institut de prendre une décision concernant la pérennisation du groupe, pérennisation qui impliquerait le renfort par un chercheur permanent supplémentaire, par mobilité ou par recrutement. Le conseil recommande fortement une telle pérennisation et s'attend à un retour scientifique riche dans la décennie à venir.

1.5. Collisions d'ions lourds dans l'expérience LHCb au LHC

Ce projet est une réussite, avec plusieurs publications et un nombre croissant de collaborateurs. Les données acquises sur la période 2015-2017 et le potentiel scientifique sont prometteurs ; le contexte devrait encore s'améliorer avec la mise à niveau du détecteur LHCb et les collisions Pb-Pb qui devraient avoir lieu à partir de 2021.

Cependant, le nombre de physiciens français impliqués dans le projet LHCb ions lourds devrait diminuer au cours des prochaines années. Les groupes sont majoritairement

composés de post-doctorants avec des financements ERC et LabEx, donc incertains à l'avenir : la masse critique permettant une collaboration efficace risque de ne plus être atteinte. Les ressources requises restent modestes puisqu'aucune contribution instrumentale ne leur est demandée.

Avis et recommandations

Les activités françaises sur les ions lourds dans les trois expériences du LHC concernées sont scientifiquement pertinentes et complémentaires les unes des autres. Elles doivent être poursuivies et soutenues. Tous ces résultats sont nécessaires pour séparer les propriétés du plasma quarks-gluons des effets statistiques, hadroniques et nucléaires.

L'équipe LHCb ions lourds, relativement petite mais innovante et visible, doit continuer à participer aux prises de données et aux analyses des mesures obtenues sur cible fixe et en mode collision. Elle doit actuellement analyser puis publier les données du *run 2* qui s'achèvera en 2018. Selon les succès obtenus et l'impact scientifique attendu, la décision de, soit renforcer le groupe, soit réorienter ses activités, devra être prise d'ici trois ans typiquement. D'ici cette échéance, un soutien à l'équipe doit être garanti.

1.6. Physique hadronique à Jefferson Lab

Le groupe JLab de l'IPNO a réalisé un travail de grande qualité et très diversifié auprès de cet accélérateur. L'ensemble du groupe est reconnu internationalement et propose des expériences très régulièrement. De plus, le groupe accumule la responsabilité de porte-parole d'expériences. Il a la maîtrise de l'extraction des GDP à partir des données collectées à JLab. Il est le seul groupe travaillant sur cette physique de l'IN2P3, un autre groupe se trouvant à l'IRFU.

Depuis une année, le groupe a dû faire face au fait que Michel Guidal a pris la direction du laboratoire. Il avait un rôle moteur, notamment dans toute la partie interprétation des GDPs. Le groupe risque de souffrir de son absence sur ce point précis mais souhaite garder une activité diversifiée avec des objectifs clairs à moyen terme (prise et analyse de données jusqu'au tour de 2024). De plus, ce départ diminue les capacités d'encadrements du groupe qui encadre un grand nombre de travaux doctoraux.

Avis et recommandations

Le conseil note que l'accompagnement d'un groupe actif, mais de taille modeste, qui perd un de ses membres acceptant la responsabilité de la direction d'un des laboratoires de l'IN2P3, mérite sans doute un suivi particulier. Le renforcement de ce groupe est par ailleurs soutenu par le conseil scientifique du laboratoire. En effet, la physique hadronique est très présente à l'IPNO sous plusieurs aspects complémentaires et la structuration d'une future participation à l'EIC pourrait partir de cette communauté. Un véritable essor de la participation française à cette physique sur ce nouvel accélérateur qui compte déjà une très importante communauté internationale passera sûrement par un recrutement à relativement brève échéance d'un physicien permanent.

1.7. Physique hadronique à GSI/FAIR

L'IPNO contribue depuis 15 ans à l'expérience HADES au GSI. Le groupe, qui s'est fortement réduit suite à des départs à la retraite, maintient néanmoins un haut niveau d'implication scientifique dans l'étude de la matière hadronique dense à température modérée. Ce programme a un avenir clair jusqu'en 2021, avant le démarrage de la phase 1 de FAIR. Ce groupe a une expertise reconnue dans l'étude des résonances baryoniques et

leurs décroissances électromagnétiques dans les canaux des paires e^+e^- . Elle propose par ailleurs une participation modeste aux améliorations techniques du détecteur en collaboration avec Cracovie.

En principe, l'implication dans HADES pourrait être un pont naturel vers PANDA ou CBM. Le conseil note que le conseil scientifique de l'IPNO a apporté des recommandations uniquement pour HADES, sans visibilité sur CBM ou PANDA.

Par ailleurs, l'IPHC souhaite contribuer à la conception et la réalisation de détecteurs de vertex CMOS adaptés aux collisions d'ions lourds : CBM-MVD, utilisant ainsi son expertise et préparant également l'ILC. Une implication des équipes du LAL dans PANDA est également proposée : elle consiste à relancer une participation purement technique suite à l'expertise acquise sur LHCb.

Avis et recommandations

L'impact scientifique est jugé très satisfaisant dans HADES au regard de la taille de l'équipe. Cependant, un impact scientifique suffisant sur trois instruments HADES, CBM et PANDA n'est pas concevable actuellement étant données les forces en présence.

La France est largement impliquée financièrement dans l'installation FAIR, le programme scientifique de FAIR est pertinent et enfin les détecteurs seront pleinement opérationnels quand les expériences ALICE, CMS et LHCb auront déjà profité des faisceaux à haute luminosité. Pour toutes ces raisons, il est essentiel de conserver la possibilité de contribuer significativement aux expériences de ces installations. L'équipe de l'IPNO, qui est très bien intégrée et active dans cette communauté, est le point d'entrée naturel et nécessaire pour de futurs collaborateurs. Le conseil soutient donc la pérennisation de ce groupe, ce qui passe par un recrutement à relativement brève échéance.

La contribution du LAL sur PANDA est purement technique et semble peu motivée scientifiquement. Le conseil la voit comme un éventuel soutien du LAL à l'IPNO pour consolider une participation future. La contribution sur le détecteur de vertex de CBM est importante, et sans être associée à une contribution scientifique, permet une visibilité de l'IN2P3 liée à l'expertise accumulée au cours des années à l'IPHC.

2. Vie du conseil

2.1. Compte-rendu

Le compte-rendu du conseil d'octobre 2017 a été adopté à l'unanimité moins 3 abstentions lors d'un vote électronique en décembre avec 21 votants sur 22 membres.

2.2. Fonctionnement du conseil

Les membres présents déplorent le nombre d'absents à ce conseil.

Le conseil prend connaissance du document publié en avril 2017 "Place et rôle des Conseils Scientifiques d'Instituts (CSI)". Ce document constitue un bilan et une analyse réalisés par la Coordination des responsables des instances du Comité national. Le conseil accueille favorablement cette synthèse utile.

Le CSI de l'IN2P3 est assez unique dans le paysage, avec un travail plus "scientifique" que les autres CSI. Cette situation s'explique en grande partie par l'organisation propre à notre thématique avec de grandes collaborations regroupant de nombreux chercheurs de plusieurs laboratoires.

Même si les besoins sont variés, le conseil considère que le travail des CSI devrait être plus reconnu par les directions des instituts.

2.3. Échange avec la direction

Le conseil interroge la direction sur les prospectives par thématique qui avaient été annoncées pour 2017.

La direction replace ce travail dans un cadre européen puis national avant une déclinaison au niveau de l'Institut, ce qui explique le délai par rapport au plan initial. En Europe, trois comités sont mis en place : NUPECC pour la physique nucléaire, APPEC pour les astroparticules et European strategy pour la physique des particules. Les deux premiers ont récemment rendu publiques leurs conclusions alors que le dernier est dans une phase de préparation des propositions, avec des conclusions attendues en 2019. Ces exercices sont indépendants et désynchronisés. A l'issue de ces processus, des prospectives nationales thématiques rassemblant tous les acteurs (instituts concernés, CEA, CNES, universités ...) auront lieu. Enfin, une synthèse avec la déclinaison au niveau de l'IN2P3 sera présentée, elle ne pourra donc pas avoir lieu avant fin 2019.

Le conseil comptait s'appuyer sur ces prospectives pour produire son rapport de prospectives, statutairement dû. Cette possibilité n'est plus envisageable. En accord avec la direction, le rapport de prospectives du conseil sera produit en fin de mandat, basé sur l'ensemble des conclusions de nos réunions.

2.4. Échange avec la section 01

Le président de la section 01 nous donne les informations factuelles suivantes sur le concours 2018 en cours : 160 candidats, comme l'an dernier, pour une diminution de 40% des postes à pourvoir au niveau chargé de recherche (6 CRCN [les CRCN remplacent les CR1 et CR2] + 2 DR2 en 2018, 9 CR2 + 1 CR1 + 1 DR2 en 2017) ; la sélection effectuée pour la phase des auditions a été plus sévère que l'année passée d'environ 20%.

2.5. Recommandation

Le conseil est interpellé par des recommandations émises par plusieurs conseils scientifiques. Le conseil partage leur point de vue et émet donc la recommandation suivante qui a été votée avec 13 voix pour, 0 voix contre et 3 abstentions :

Recommandation sur la mise en œuvre du RIFSEEP au CNRS

Le CS IN2P3 recommande une révision des décisions d'application et souhaite les voir évoluer vers une plus juste reconnaissance des carrières scientifiques des techniciens, techniciennes, ingénieures et ingénieurs, acteurs directs des missions scientifiques fondamentales du CNRS.

Le CS IN2P3 recommande la redéfinition immédiate des critères prenant en compte d'une part les sujétions particulières de l'emploi et d'autre part l'encadrement, le pilotage, la coordination ou la conception, afin que les activités des personnels scientifiques et techniques relevant de ces critères soient prises en compte.

Le CS IN2P3 recommande que ces missions soient évaluées et interclassées au niveau national par BAP.

2.6. Jury d'admission CR

Le conseil examine la constitution du jury d'admission CR proposée par la direction. Cette liste est directement issue de celle de l'an dernier (avec un seul changement pour cause de disponibilité) et donc ne prenait pas en compte notre recommandation de choisir des suppléants majoritairement en région parisienne afin d'avoir la capacité d'assurer un remplacement de dernière minute.

Pour cette raison, le conseil vote la répartition modifiée suivante :

Titulaires : Piera Luisa Ghia (IPNO), Justine Serrano (CPPM), Fabrice Piquemal (LSM), Raphael Granier de Cassagnac (LLR), Guillaume Pignol (LPSC)

Suppléants : Jaime Houque (APC), Iolanda Matea Macovei (IPNO), et Anne-Catherine Le Bihan (IPHC).

Le conseil valide cette proposition par 14 voix pour, 0 voix contre et 1 abstention.

2.7. Futurs conseils

Les dates des conseils suivants sont les 28 et 29 juin puis les 25 et 26 octobre 2018 ; les domaines étudiés seront les neutrinos et la matière noire. Le détail des programmes n'est pas encore établi.